

Rückstände von Chlorkohlenwasserstoff-Pestiziden in einer Wochenstube der Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*)

Von A. NAGEL und J. DISSER

AK Stoffwechselphysiologie am Zoologischen Institut der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität
Frankfurt/M., FRG

Eingang des Ms. 2. 2. 1989
Annahme des Ms. 7. 11. 1989

Abstract

Residues of organochlorine pesticides in a maternity group of the Common Pipistrelle (Pipistrellus pipistrellus)

A maternity colony of the Common Pipistrelle (*Pipistrellus pipistrellus*) was investigated with regard to the whole body concentration of the following chlorinated hydrocarbons: Aldrin, DDD, DDE, DDT, dieldrin, heptachlor, hexachlorbenzene, α -HCH, β -HCH, lindane, heptachlor-epoxide, pentachlorbenzene. Except for dieldrin, all chlorinated hydrocarbons could be found in the carcasses and different organs. DDT and its metabolites (DDD, DDE) together reached the highest concentrations of all pesticides analyzed (8.8 ± 5.8 mg/kg fat), followed by endrin (5.1 ± 4.7 mg/kg fat). The mean concentration of other substances analyzed was lower than 0.3 mg/kg fat. Adult females contained a lower concentration of organochlorine residues than their suckling young. Thus DDT and its metabolites were found in adult females at an average concentration of 4.5 ± 4.2 mg/kg fat. The corresponding value for the suckling young was 12.6 ± 4.7 mg/kg fat. It is likely that adult females transfer most of their accumulated residues across the placenta to the foetus during pregnancy and during lactation to the suckling young. The quantity of chlorinated hydrocarbons transferred to the young amounts to 83 % of the accumulated residues of total DDT in the adult females.

As males cannot get rid of their accumulated chlorinated hydrocarbons in the same way as females, they carry the highest pesticide burden. In 3 males from different parts of Hessen, the mean concentration of total DDT was 38.5 mg/kg fat. This value is almost ten-fold higher than in the adult females.

Einleitung

Der Bestand an einheimischen Fledermäusen hat in den letzten 30 Jahren einen drastischen Rückgang erfahren (FRANK et al. 1980; ROER 1980/81). Er ist in manchen Winterquartieren auf 2-5 % des ursprünglichen Bestandes zurückgegangen. Einige Arten, z. B. die Kleine Hufeisennase (*Rhinolophus hipposideros*) oder die Mopsfledermaus (*Barbastella barbastellus*), sind bereits in weiten Teilen der Bundesrepublik Deutschland ausgestorben, obwohl sie früher zu den häufigeren Arten gehörten (NAGEL et al. 1987). Verschiedene Ursachen werden für diesen Rückgang verantwortlich gemacht. Änderungen und Intensivierungen der Landnutzung sind dafür verantwortlich, daß den Fledermäusen die notwendige Nahrungsbasis fehlt (STEBBINGS 1988). Die intensive forstwirtschaftliche Nutzung der Wälder und die Renovierungen von Gebäuden haben zu einem deutlichen Quartierverlust geführt. Eine weitere Ursache ist die Verwendung von Pflanzenschutzmitteln aus der Gruppe der persistenten Chlorkohlenwasserstoffe, die die Nahrungstiere der Fledermäuse vernichten, sich aber auch im Fett der Fledermäuse anreichern (CLARK 1981b) und direkte Wirkungen haben können. Diese Substanzen werden entweder mit der Nahrung oder direkt über die Haut aufgenommen, wenn Körperkontakt mit behandeltem Holz in Dachstühlen besteht (LUCKENS und DAVIS 1965; COCKRUM 1970; JEFFERIES 1972; SCHMIDT 1972). Die Auswirkungen dieser Substanzen können Änderungen des Verhaltens

(BOYD 1987), des Energieverbrauchs (BRAHAM und NEAL 1974), der Fortpflanzungsfähigkeit (CLARK 1978) und der direkten Überlebensfähigkeit sein (CLARK 1981a).

Die Anwendung fast aller früher in der Land- und Forstwirtschaft verwendeten Chlorkohlenwasserstoffe ist heute verboten. Trotzdem scheinen Fledermäuse auch heute noch hochgradig damit belastet zu sein (BRAUN 1986). Deshalb wurden Tiere einer Wochenstube von Zwergfledermäusen (*Pipistrellus pipistrellus*) auf verschiedene Chlorkohlenwasserstoffe untersucht.

Material und Methode

Im Juni 1985 wurde uns eine Wochenstube von Zwergfledermäusen zum Teil schon tot übergeben, die restlichen Tiere gingen in den folgenden Tagen ein. Die Tiere waren bei einem Hausabbruch bei Darmstadt gefunden worden. Den toten Fledermäusen wurden verschiedene Organe entnommen, nachdem sie vermessen worden waren. Die gleichen Organe der adulten Weibchen und der Jungtiere wurden jeweils zu einer Probe zusammengefaßt. Jeder Restkörper wurde als eine Probe behandelt. Die Proben wurden bei 60 °C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und anschließend mit Seesand homogenisiert. Aus dem Homogenat wurde mit Petroleumbenzin in einer Soxhlet-Apparatur das Gesamtfett mit den darin gelösten Chlorkohlenwasserstoffen extrahiert. Dieser Fettextrakt wurde in zwei Schritten säulenchromatographisch gereinigt. 1) Eine Chromatographiesäule mit einem Durchmesser von 30 mm und einer Länge von 420 mm wurde mit 30 g Aluminiumoxid gefüllt; 250 ml Petroleumbenzin dienten als Elutionsmittel. 2) Eine Chromatographiesäule mit einem Durchmesser von 10 mm und einer Länge von 200 mm wurde mit 1 g Kieselgel gefüllt. Als Elutionsmittel diente ein Gemisch aus n-Hexan und Toluol (65 %/35 %), mit dem sowohl Pestizide als auch polychlorierte Biphenyle (DISSER und NAGEL 1989) gleichzeitig und mit guter Ausbeute extrahiert werden konnten. Beide Säulentypen wurden mit Natriumsulfat überschichtet. Die Proben wurden anschließend im Rotationsverdampfer (60 °C Badtemperatur) eingengt und in iso-Oktan aufgenommen. Die Analyse erfolgte mit einem Gaschromatographen (Dani, Typ HR 3800), der mit einem EC-Detektor ausgerüstet war. Die Trennung der Chlorkohlenwasserstoffe erfolgte im Verlauf eines Temperaturprogrammes auf einer Kapillarsäule vom Typ „OV-101“ (20 m Länge). Die Registrierung und Auswertung der Meßdaten wurde mit einem Computer (Apple II-Europlus) vorgenommen. Die quantitative Auswertung erfolgte über die Berechnung der Flächenintegrale der einzelnen Peaks. Mirex und ϵ -HCH wurden den Proben vor der Analyse als externe Standards zugefügt. Die Proben wurden auf die in Tab. 1 angegebenen Chlorkohlenwasserstoffe untersucht.

Tabelle 1. Auflistung der 12 untersuchten Chlorkohlenwasserstoffpestizide, deren gebräuchliche Abkürzungen, die Nachweisgrenzen und die berechneten Durchschnittskonzentrationen aller untersuchten Tiere

Substanz	Abkürzung	Nachweisgrenze [µg/l Lösung]	Weibchen und Jungtiere [mg/kg Fett]	(n)
Aldrin		30	0,02	(2)
Dichlordiphenyldichlorethan	DDD	90	3,05 ± 2,42	(23)
Dichlordiphenyldichlorethylen	DDE	30	4,64 ± 3,22	(23)
Dichlordiphenyltrichlorethan	DDT	90	1,09 ± 1,16	(14)
Diieldrin		30	—	
Heptachlor	HC	30	0,04 ± 0,07	(9)
Hexachlorbenzol	HCB	30	0,28 ± 0,28	(19)
alpha-Hexachlorcyclohexan	α-HCH	30	0,02 ± 0,04	(8)
beta-Hexachlorcyclohexan	β-HCH	30	0,05 ± 0,09	(6)
Lindan, gamma-Hexachlorcyclohexan		30	0,08 ± 0,09	(18)
Heptachlor-epoxid	HC-E	30	0,28 ± 0,16	(23)
Pentachlorbezol	PCHB	30	0,01	(1)

DDD und DDE sind Metabolite des DDT. HC-E ist ein Metabolit des HC. α-HCH und β-HCH sind Substanzen, die bei der Herstellung von Lindan entstehen. (n) ist die Anzahl von Proben in denen eine Substanz gefunden wurde. Nur Diieldrin konnte in keiner Probe nachgewiesen werden. Zu den regelmäßig gefundenen Substanzen gehören DDT, DDE und DDD, Lindan und HC-E.

Ergebnisse

Die Untersuchung der 23 Restkörper juveniler und adulter *Pipistrellus pipistrellus* zeigte, daß mit Ausnahme des Dieldrins alle Substanzen nachgewiesen werden konnten. Die durchschnittlichen Rückstandsmengen der meisten Substanzen lagen allerdings niedriger als 0,25 mg, bezogen auf 1 kg Fett (Tab. 1). DDT und seine Metaboliten erreichten zusammen die höchsten Konzentrationen aller untersuchten Insektizide ($8,8 \pm 5,8$ mg/kg Fett). Die Häufigkeit der einzelnen Substanzen war ebenfalls unterschiedlich. Drei Substanzen (DDD, DDE, HC-E) konnten in allen Proben nachgewiesen werden. In mehr als der Hälfte aller Restkörper konnten zudem noch DDT, HCB und Lindan gefunden werden. Die anderen Substanzen waren weit weniger häufig. Vergleicht man die Chlorkohlenwasserstoffbelastung der Muttertiere mit der der fast erwachsenen Jungtiere, die noch niemals selbständig Nahrung zu sich genommen haben, so ist auffällig, daß die durchschnittlichen Konzentrationen von 7 Substanzen in den Jungtieren höher waren als in den adulten Weibchen (Aldrin, DDD, DDE, DDT, HCB, α -HCH, β -HCH). DDT und seine Metaboliten waren in einer Gesamtmenge von $4,5 \pm 4,2$ mg/kg Fett in den Restkörpern der Muttertiere ($n = 12$) nachweisbar (Tab. 2). Der entsprechende Wert der Jungtiere ($n = 11$) betrug $12,6 \pm 4,7$ mg/kg Fett.

Tabelle 2. Vergleich der durchschnittlichen Konzentration in 12 Restkörpern adulter Weibchen und in 11 Restkörpern juveniler *Pipistrellus pipistrellus*

(n) ist die Anzahl von Proben in denen eine Substanz gefunden wurde. Die durchschnittlichen Konzentrationen von 7 Substanzen sind in den Jungtieren höher als in den adulten Weibchen

Substanz	Weibchen [mg/kg Fett]	(n)	Jungtiere [mg/kg Fett]	(n)
Aldrin	0,01	(1)	0,03	(1)
DDD	$2,45 \pm 2,77$	(12)	$3,71 \pm 1,88$	(11)
DDE	$1,88 \pm 1,43$	(12)	$7,66 \pm 1,18$	(11)
DDT	0,15	(3)	$2,12 \pm 0,75$	(11)
HC	0,04	(3)	$0,04 \pm 0,05$	(6)
HCB	$0,21 \pm 0,15$	(9)	$0,36 \pm 0,36$	(10)
α -HCH	0,02	(2)	$0,03 \pm 0,03$	(6)
β -HCH	—		$0,10 \pm 0,10$	(6)
Lindan	$0,09 \pm 0,12$	(8)	$0,07 \pm 0,04$	(10)
HC-E	$0,35 \pm 0,17$	(12)	$0,20 \pm 0,11$	(11)
PCHB	0,01	(1)	—	

Die Verteilung von DDT, DDD und DDE im Körper der Zwergfledermäuse ist in Abb. 1 dargestellt. Die höchsten Konzentrationen finden sich bei den adulten Weibchen im Gehirn, im Braunen Fett und in der Flugmuskulatur. In diesen stoffwechselaktiven Organen werden Konzentrationen erreicht, die um ein Vielfaches über denen des Restkörpers liegen. In den Jungtieren sind die Rückstände weitgehend gleichmäßig verteilt und erreichen keine derart hohen Maximalwerte. Die Darstellung einer Pestizidkontamination durch die Angabe der Konzentration im Fett ist jedoch problematisch, da der Fettgehalt je nach Ernährungszustand sehr stark schwanken kann. Aus diesem Grund ist es wichtiger, den Absolutgehalt einer Substanz in jeder Probe zu kennen. Wie aus Abb. 2 ersichtlich, finden sich nur in den Restkörpern und dem Braunen Fett sowie bei den adulten Weibchen in den Milchdrüsen nennenswerte Substanzmengen. Wird die Menge an Rückständen pro Tier berechnet, so ist ein adultes Weibchen mit 720 ng Gesamt-DDT und ein Jungtier mit 2424 ng belastet. Die großen Mengen an Rückständen in den Jungtieren lassen sich nur dadurch erklären, daß die Muttertiere während der Gravidität und der Laktation über Plazenta und Muttermilch einen Großteil ihrer angesammelten Rückstände an die Jungen

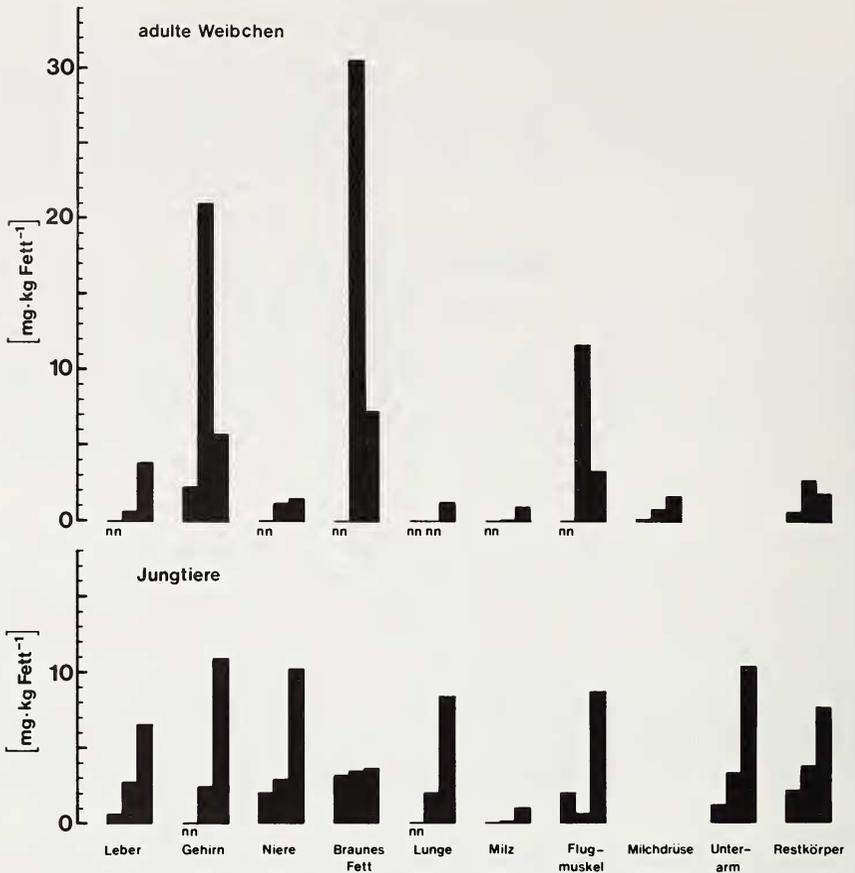


Abb. 1. Vergleich der Konzentrationen von DDT (1. Säule), DDD (2. Säule) und DDE (3. Säule) adulter Weibchen mit Jungtieren der Zwergfledermaus *Pipistrellus pipistrellus* in den Restkörpern und verschiedenen Organen. Während in den adulten Weibchen höchst unterschiedliche Konzentrationen auftreten, sind die Rückstände in den Jungtieren weitgehend gleichmäßig verteilt. Nicht nachweisbar = nn

abgegeben haben. Welche Menge an Rückständen war vor der Gravidität in den Muttertieren vorhanden? Da jedes Weibchen durchschnittlich 1,6 Junge aufgezogen hat, läßt sich eine mögliche Belastung vor der Gravidität aus der Pestizidbelastung der Jungtiere und dem Pestizidgehalt der Weibchen zum Zeitpunkt der Analyse näherungsweise berechnen.

$$\text{Rückstandsmenge (W adult, vor Gravidität)} = 1,6 \times \text{Rückstandsmenge (Jungtier)} + \text{Rückstandsmenge (W adult)}$$

Sowohl die Aufnahme und Ausscheidung von Pestiziden während der Gravidität und Laktation als auch eine mögliche Dezimierung der Jungtiere durch Aborte und postnatale Mortalität können in dieser Berechnung keine Berücksichtigung finden. Für Gesamt-DDT ergibt die Berechnung eine Menge von 4600 ng/Weibchen vor der Gravidität; gegen Ende der Laktation sind gerade noch 720 ng vorhanden. Dies bedeutet, daß 83 % der ursprünglichen Menge an Gesamt-DDT an die Jungen abgegeben wurde. Darauf, daß vor der Laktation in den adulten Weibchen sehr viel höhere Rückstandsmengen waren, deuten die

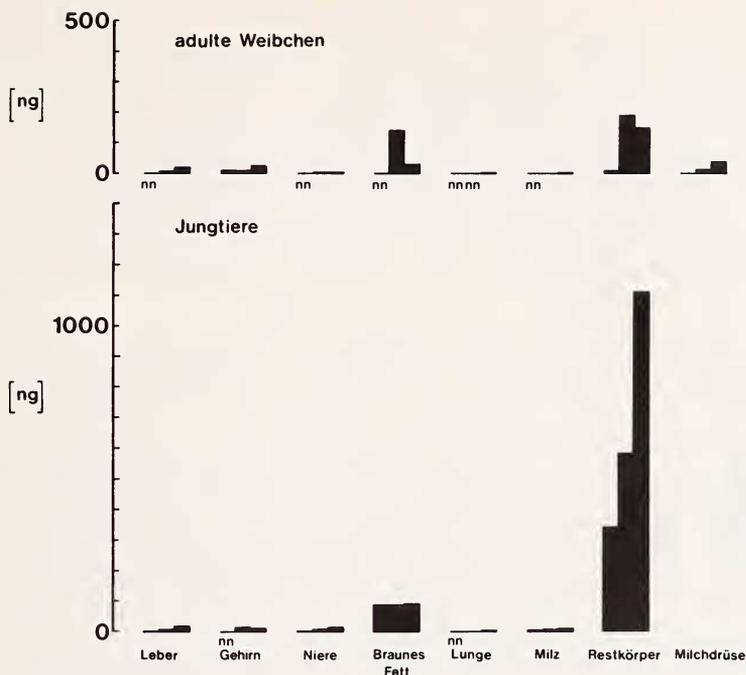


Abb. 2. Vergleich der Substanzmengen von DDT (1. Säule), DDD (2. Säule) und DDE (3. Säule) adulter Weibchen mit Jungtieren der Zwergfledermaus *Pipistrellus pipistrellus* in den Restkörpern und verschiedenen Organen. Nennenswerte Substanzmengen finden sich nur in den Restkörpern und dem Braunen Fett sowie bei den adulten Weibchen in den Milchdrüsen. An der Größe der geschwärzten Flächen ist unschwer erkennbar, daß die Rückstandsmengen in den Jungtieren wesentlich höher sind als in den adulten Weibchen. Nicht nachweisbar = nn

am Ende der Laktation immer noch sehr hohen Pestizidkonzentrationen im Gehirn hin, denn das Fett einschließlich der Pestizidrückstände dort wird offensichtlich selbst bei großem Energiebedarf nicht mobilisiert.

Diskussion

Die in dieser Untersuchung gefundenen Substanzen geben die ganze Vielfalt der einstmals verwendeten Pflanzenschutzmittel wieder. Obwohl heute nur noch Lindan verwendet werden darf (Pflanzenschutzmittel-Verzeichnis 1985), finden sich die anderen Chlorkohlenwasserstoffe zum Teil noch in erheblichen Konzentrationen in den Fledermäusen. Schon früh wurde die Giftigkeit des DDT für Fledermäuse entdeckt (LUCKENS und DAVIS 1964; JEFFERIES 1972; CLARK 1981a). Heute werden hauptsächlich noch seine Metaboliten DDD und DDE nachgewiesen. Obwohl die Verwendung von DDT schon seit 1973 in der Bundesrepublik Deutschland verboten ist, machen sie einen Großteil der gefundenen Rückstände aus. Es konnten durchschnittliche Konzentrationen von 8,7 mg/kg Fett festgestellt werden. Die Konzentrationen der anderen Substanzen sind deutlich niedriger und erreichen kaum 0,3 mg/kg Fett. Dieldrin konnte als einzige Substanz in keiner Probe nachgewiesen werden. Diese Ergebnisse stimmen mit den Untersuchungen von CLARK et al. (1975, 1978b, 1980, 1983a, b), CLARK und PROUTY (1976), DRESCHER-KADEN und HUTTERER (1981), MÜLLER (1985) und BRAUN (1986) weitgehend überein. Die Konzentra-

tionen sind vergleichsweise hoch und entsprechen denen von gefährdeten Greifvögeln (CONRAD 1977). Allerdings sind in akut vergifteten Fledermäusen (RACEY und SWIFT 1986; LEEUWANGH und VOUTE 1985; CLARK und PROUTY 1977; CLARK et al. 1978a) noch wesentlich stärkere Belastungen gemessen worden. Der Wirkort der Pestizide scheint das Zentralnervensystem zu sein, denn die Symptome bei akuten Vergiftungen lassen sich eher mit den Rückstandskonzentrationen im Gehirn korrelieren (DALE et al. 1963) als mit denen im Restkörper (CLARK 1981a) oder in der Haut (CLARK und PROUTY 1984). Deshalb werden die Konzentrationen im Gehirn auch als die für das Tier relevanten Konzentrationen angesehen (CLARK und KROLL 1977; CLARK et al. 1978a; CLARK und STAFFORD 1981). Neben diesen akuten Vergiftungserscheinungen gibt es vielfältige chronische Wirkungen der Chlorkohlenwasserstoffe.

DDT besitzt eine den Stoffwechsel steigernde Wirkung (BRAHAM und NEAL 1974). Dadurch wird bei winterschlafenden Fledermäusen mit großer DDT-Belastung der Fettvorrat schneller verbraucht, und die Tiere sterben dann an Energiemangel. Am Ende der Winterschlafzeit, in der ein Großteil des Fettvorrates verbraucht ist, sind die Pestizidkonzentrationen besonders hoch, denn die im Körper verbleibenden Chlorkohlenwasserstoffe sind in weniger Fett gelöst (GELUSO et al. 1976; CLARK und KRYNITSKY 1983).

Andere Wirkungen sind Änderungen im Verhalten der Fledermäuse (BOYD 1987) oder eine Zunahme von Aborten und Totgeburten (CLARK und LAMONT 1976a; CLARK 1978; CLARK und KRYNITSKY 1978). Die in dieser Untersuchung festgestellte Weitergabe von Chlorkohlenwasserstoffen der Muttertiere an die Jungtiere ist erheblich und beträgt zumindest 80 % der Menge, die in den Muttertieren vor der Gravidität und Laktation vorhanden war. Die Chlorkohlenwasserstoffe werden zu einem kleinen Teil bereits im Uterus, vornehmlich aber über die Muttermilch übertragen (OTTOBONI und FERGUSON 1969). Diese Weitergabe konnte für *Eptesicus fuscus* gezeigt werden (CLARK und LAMONT 1976b). Sie läßt sich auch für *Myotis myotis* aus den Daten von GOTTSCHALK und MATTHEY (1975) erkennen. Diese hohe Transferrate bedingt von Geburt an eine außerordentlich hohe Belastung der Jungtiere mit Chlorkohlenwasserstoffen, die wesentlich höher ist als die von Vogeleiern (DISSER 1987) oder von jungen Vögeln (PRINZINGER und PRINZINGER 1980). Die Weibchen selbst sind trotz dieser Weitergabe noch stark belastet, denn die Konzentrationen im Gehirn bleiben nach wie vor hoch (29 mg/kg Fett Gesamt-DDT). Für eine Population bedeutet das, daß die Chlorkohlenwasserstoff-Rückstände immer vom Muttertier auf die Jungtiere weitergegeben werden und somit nur durch den Tod von Männchen aus einer Population verschwinden können. Nur dadurch ist zu erklären, daß auch heute noch DDT und seine Metaboliten in so großen Mengen in Fledermäusen gefunden werden, obwohl DDT schon seit anderthalb Jahrzehnten nicht mehr angewendet werden darf. In diesem Umstand findet sich auch eine Erklärung für die aktuellen Häufigkeiten der Fledermäuse.

Gerade die Arten mit hoher Reproduktionsrate (2 Jungtiere pro Jahr), früh einsetzender Reproduktion (meist im folgenden Jahr) und geringer maximaler Lebenserwartung sind heute erfolgreich, wie zum Beispiel die Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*) (NAGEL und NAGEL 1989) und der Abendsegler (*Nyctalus noctula*), denn in deren Populationen werden die Chlorkohlenwasserstoff-Rückstände wahrscheinlich kein so großes Ausmaß erreichen können, weil die aufgenommenen Chlorkohlenwasserstoffe wieder schneller aus ihnen verschwinden. Im Gegensatz dazu scheinen Arten mit geringer Reproduktionsrate, spät einsetzender Reproduktion und hohem maximalen Lebensalter, wie zum Beispiel die Mopsfledermaus (*Barbastella barbastellus*) und die Kleine Hufeisennase (*Rhinolophus hipposideros*), heute besonders stark gefährdet. Nach diesen Befunden müssen die Männchen einer Population besonders durch Chlorkohlenwasserstoff-Rückstände belastet und gefährdet sein, denn sie besitzen keine Möglichkeit der Ausscheidung. Eine Untersuchung von drei Männchen aus verschiedenen Teilen Hessens bestätigt dies (Abb. 3). In diesen Männchen wurde eine durchschnittliche Konzentration von 38,5 mg/kg Fett Gesamt-

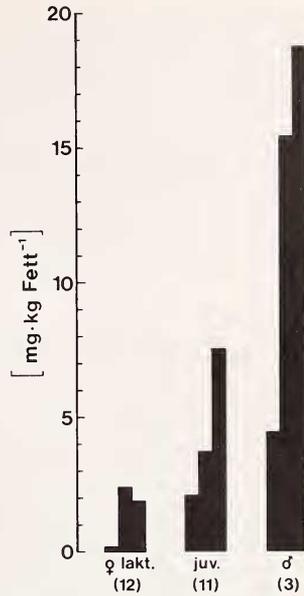


Abb. 3. Vergleich der Konzentrationen von DDT (1. Säule), DDD (2. Säule) und DDE (3. Säule) der Restkörper adulter Weibchen mit denen von Jungtieren und Männchen der Zwergfledermaus *Pipistrellus pipistrellus*. Die Konzentrationen von DDT, DDD und DDE der Männchen sind um ein Vielfaches höher als die der laktierenden Weibchen

DDT ermittelt; dieser Wert ist ungleich höher als der der laktierenden Weibchen und der Jungtiere. Das hat sicher Auswirkungen auf das Geschlechterverhältnis. Beträgt es bei Geburt meist 1 : 1, so finden sich immer mehr adulte Weibchen als adulte Männchen. Dies kann nicht nur in der besseren Auffindbarkeit der Weibchen begründet sein. Die weiteren Aussichten für die Fledermäuse können bis heute nicht abgeschätzt werden. Es ist zu hoffen, daß die hier untersuchten Chlorkohlenwasserstoff-Pestizide immer mehr aus Fledermaus-Populationen verschwinden. Anzeichen für eine Konsolidierung der Fledermausbestände gibt es bereits (NAGEL und NAGEL 1989). Allerdings muß eingewendet werden, daß eine andere Gruppe von Chlorkohlenwasserstoffen, die polychlorierten Biphenyle (PCB), in noch bedeutend größerem Umfang in Fledermäusen vorkommen (NAGEL und DISSER 1987; DISSER und NAGEL 1989) und die hier untersuchten Substanzen nicht die einzige Belastung der Fledermäuse darstellen. Ferner ist bis heute unklar, wie sich moderne Holzschutzmittel und Pflanzenschutzmittel langfristig auf die Fledermäuse auswirken. Allerdings scheinen erste Ansätze hierzu recht erfolgversprechend zu sein, denn es gibt bereits Holzschutzmittel, die ganz offensichtlich den Fledermäusen nicht schaden (CYMOREK und WEGEN 1983; KULZER 1985).

Danksagung

Für die methodische Unterstützung bedanken wir uns bei den Herren Dr. KISSNER (Basel) und Dr. BRUNN (Gießen). Ferner bedanken wir uns bei Herrn Prof. Dr. PRINZINGER für die Benutzung von Geräten der Deutschen Forschungsgemeinschaft und bei Herrn Prof. STREIT für die Überlassung des Gaschromatographen. Die Untersuchung wurde finanziell unterstützt durch das hessische Ministerium für Umwelt und Energie.

Zusammenfassung

Eine Wochenstube mit 23 Zwergfledermäusen (*Pipistrellus pipistrellus*) wurde auf folgende Chlorkohlenwasserstoffe untersucht: Aldrin, DDD, DDE, DDT, Dieldrin, Heptachlor, Hexachlorbenzol, α -HCH, β -HCH, Lindan, Heptachlor-epoxid, Pentachlorbenzol. Mit Ausnahme des Dieldrins konnten alle Substanzen nachgewiesen werden. DDT und seine Metaboliten (DDD, DDE) erreichten zusammen die höchsten Konzentrationen aller untersuchten Pestizide (8,8 mg/kg Fett). Die durch-

schnittlichen Konzentrationen der anderen untersuchten Substanzen sind niedriger als 0,3 mg/kg Fett. Die adulten Weibchen haben weit weniger an Chlorkohlenwasserstoff-Pestiziden als die Jungtiere. DDT und seine Metaboliten konnten in den adulten Weibchen in einer durchschnittlichen Konzentration von $4,5 \pm 4,2$ mg/kg Fett gefunden werden; bei Jungtieren waren es $12,6 \pm 4,7$ mg/kg Fett. Die höheren Pestizidkonzentrationen in den Jungtieren können nur dadurch erklärt werden, daß die Muttertiere während der Gravidität und der Laktation einen Großteil ihrer eigenen Rückstände an die Jungen abgegeben haben. Die Menge an Chlorkohlenwasserstoffen, die an die Jungtiere weitergegeben wurde, beträgt 83 % ihrer ursprünglich angesammelten Rückstände.

Da die Männchen nicht über diese Möglichkeit der Chlorkohlenwasserstoffabgabe verfügen, sind sie am meisten belastet. In drei Männchen aus Hessen wurde mit durchschnittlich 38,5 mg/kg Fett Gesamt-DDT fast zehnmal soviel wie bei adulten Weibchen gefunden.

Literatur

- BOYD, I. L. (1987): Effect of gamma-HCH (lindane) on the behaviour and survival of pipistrelle bats. Vortrag: Fourth European Bat Research Symposium Abstracts, Prag, 34.
- BRAHAM, H. W.; NEAL, C. M. (1974): The effects of DDT on energetics of the short-tailed Shrew, *Blarina brevicauda*. Bull. Environm. Contam. Toxicol. 12, 32–37.
- BRAUN, M. (1986): Rückstandsanalysen bei Fledermäusen. Z. Säugetierkunde 51, 212–217.
- CLARK, D. R. (1978): Uptake of Dietary PCB by pregnant big brown bats (*Eptesicus fuscus*) and their fetuses. Bull. Environm. Contam. Toxicol. 19, 707–714.
- (1981a): Death in bats from DDE, DDT or dieldrin: diagnosis via residues in carcass fat. Bull. Environm. Contam. Toxicol. 26, 367–374.
- (1981b): Bats and environmental contaminants: A review. U.S. Department Interior, Fish and Wildlife Service, Spec. Sci. Rep. – Wildlife No. 235, Washington, D.C.
- CLARK, D. R.; BUNCK, C. M.; CROMARTIE, E.; LAVAL, R. K. (1983a): Year and age effects on residues of dieldrin and heptachlor in dead gray bats, Franklin County, Missouri – 1976, 1977, and 1978. Environm. Contam. Toxicol. Chem. 2, 387–393.
- CLARK, D. R.; CLAWSON, R. L.; STAFFORD, C. J. (1983b): Gray bats killed by dieldrin at two additional Missouri caves: Aquatic Macroinvertebrates found dead. Bull. Environm. Contam. Toxicol. 30, 214–218.
- CLARK, D. R.; KRYNITSKY, A. (1978): Organochlorine residues and reproduction in the little brown bat, Laurel, Maryland – June 1976. Pestic. Monit. J. 12, 113–116.
- CLARK, D. R.; KRYNITSKY, A. J. (1983): DDE in brown and white fat of hibernating bats. Environ. Pollut. Ser. A. 31, 287–299.
- CLARK, D. R.; KUNZ, T. H.; KAISER, T. E. (1978a): Insecticides applied to a nursery colony of little brown bats (*Myotis lucifugus*): Lethal concentrations in brain tissues. J. Mammalogy 59, 84–91.
- CLARK, D. R.; LAMONT, T. G. (1976a): Organochlorine residues and reproduction in the big brown bat. J. Wildl. Manage. 40, 249–254.
- — (1976b): Organochlorine residues in females and nursing young of the big brown bat (*Eptesicus fuscus*). Bull. Environm. Contam. Toxicol. 15, 1–8.
- CLARK, D. R.; LAVAL, R. K.; KRYNITSKY, A. J. (1980): Dieldrin and heptachlor residues in dead gray bats, Franklin County, Missouri – 1976 versus 1977. Pestic. Monit. J. 13, 137–140.
- CLARK, D. R.; LAVAL, R. K.; SWINEFORD, D. M. (1978b): Dieldrin-induced mortality in an endangered species, the gray bat (*Myotis grisescens*). Science 199, 1357–1359.
- CLARK, D. R.; MARTIN, C. O.; SWINEFORD, D. M. (1975): Organochlorine insecticide residues in the free-tailed bat (*Tadarida brasiliensis*) at Bracken Cave, Texas. J. Mammalogy 56, 429–443.
- CLARK, D. R.; KROLL, J. C. (1977): Effects of DDE on experimentally poisoned free-tailed bats (*Tadarida brasiliensis*): Lethal brain concentrations. J. Toxicol. Environ. Health 3, 893–901.
- CLARK, D. R.; PROUTY, R. M. (1976): Organochlorine residues in three bat species from four localities in Maryland and West Virginia, 1973. Pestic. Monit. J. 10, 44–53.
- — (1977): Experimental feeding of DDE and PCB to female big brown bat (*Eptesicus fuscus*). J. Toxicol. Environ. Health 2, 917–928.
- — (1984): Disposition of dietary dieldrin in the little brown bat and correlation of skin levels with body burdens. Bull. Environm. Contam. Toxicol. 33, 177–183.
- CLARK, D. R.; STAFFORD, C. J. (1981): Effects of DDE and PCB (Arochlor 1260) on experimentally poisoned female little brown bats (*Myotis lucifugus*): Lethal brain concentrations. J. Toxicol. Environ. Health 7, 925–934.
- COCKRUM, E. L. (1970): Insecticides and guano bats. Ecology 51, 761–762.
- CONRAD, B. (1977): Die Giftbelastung der Vogelwelt Deutschlands. Greven: Kilda. 1–68.
- CYMOREK, S.; WEGEN, H. W. (1983): Schutz für Fledermäuse/Fledertiere: Holzschutz gegen Hausbock. Der praktische Schädlingsbekämpfer 35.
- DALE, W. E.; GAINES, T. B.; HAYES, W. J.; PEARCE, G. W. (1963): Poisoning by DDT: Relation between clinical signs and concentrations in rat brain. Science 142, 1474–1476.

- DISSER, J. (1987): Vergleichende Untersuchung zur Chlorkohlenwasserstoff-Pestizidbelastung von Vogeleiern unter besonderer Berücksichtigung der Kontamination mit polychlorierten Biphenylen (PCB). Dipl.-Arbeit, Fachbereich Biologie, Johann-Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt/M.
- DISSER, J.; NAGEL, A. (1989): Residues of polychlorinated biphenyle (PCB) in a maternity colony of the Common Pipistrelle (*Pipistrellus pipistrellus*). In: European Bat research 1987. Ed. by V. Hanak, I. Horacek and J. Gaisler. Prag: 615–622.
- DRESCHER-KADEN, U.; HUTTERER, R. (1981): Rückstände an Organohalogenverbindungen (CKW) in Kleinsäugetern verschiedener Lebensweise – Untersuchungen an Wildfängen und Fütterungsversuche. *Ökol. Vögel* 3, 127–142.
- FRANK, H.; NAGEL, A.; WEIGOLD, H. (1980): Bestandsentwicklung der in Höhlen überwinterten Fledermäuse auf der Schwäbischen Alb. *Die Höhle* 31, 111–116.
- GELUSO, K. N.; ALTENBACH, J. S.; WILSON, D. E. (1976): Bat Mortality: Pesticide poisoning and migratory stress. *Science* 194, 184–186.
- GOTTSCHALK, C.; MATTHEY, G. (1975): Zum Gehalt chlororganischer Insektizide in Wildvögeln, Fledermäusen und Vogeleiern. *Arch. Naturschutz u. Landschaftsforsch. Berlin* 15, 199–209.
- JEFFERIES, D. J. (1972): Organochlorine insecticide residues in British bats and their significance. *J. Zool. London* 166, 245–263.
- KULZER, E. (1985): Fledermäuse und Holzschutzmittel – ein Konflikt? *Der praktische Schädlingsbekämpfer* 37, 177–178.
- LEEUWANGH, P.; VOUTE, A. M. (1985): Bats and woodpreservatives. Pesticide residues in Dutch Pond bat (*Myotis dasycneme*) and its implications. *Mammalia* 49, 517–524.
- LUCKENS, M. M.; DAVIS, W. H. (1964): Bats: Sensitivity to DDT. *Science* 146, 948.
- (1965): Toxicity of dieldrin and endrin to bats. *Nature* 207, 879–880.
- MÜLLER, P. (1985): Zur Rückstandssituation bei freilebenden Tieren der Bundesrepublik Deutschland. *Mitteil. Fachricht. Biogeographie Univ. Saarland, Saarbrücken* 15, 1–54.
- NAGEL, A.; NAGEL, R. (1989): Bestandsentwicklung winterschlafender Fledermäuse auf der Schwäbischen Alb bis zum Winter 1987/88 und ihr Schutz. *Mitt. Verb. dt. Höhlen- u. Karstforsch.* 35, 17–23.
- NAGEL, A.; DISSER, J. (1987): Untersuchungen zur Belastung einer Wochenstube von Zwergfledermäusen (*Pipistrellus pipistrellus*) mit Chlorkohlenwasserstoffen. *Verh. Dtsch. Zool. Ges.* 80, 296–297.
- NAGEL, A.; FRANK, H.; NAGEL, R.; BAUMEISTER, M. (1987): Vorkommen und Bestandsentwicklung winterschlafender Fledermäuse auf der Schwäbischen Alb mit Berücksichtigung der Auswirkung von Schutzmaßnahmen. *Laichinger Höhlenfreund* 22, 45–58.
- OTTOBONI, A.; FERGUSON, J. I. (1969): Excretion of DDT compounds in rat milk. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 15, 56–61.
- Pflanzenschutzmittel-Verzeichnis (1985): Teil 1, Ackerbau, Wiesen und Weiden, Hopfenbau, Sonderkulturen, Nichtkulturland, Gewässer. Teil 2, Gemüsebau, Obstbau, Zierpflanzenbau. Teil 3, Weinbau. Teil 4, Forst. Braunschweig: Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft.
- PRINZINGER, G.; PRINZINGER, R. (1980): Pestizide und Brutbiologie der Vögel. *Greven: Kilda*, 1–78.
- RACEY, P. A.; SWIFT, S. M. (1986): The residual effects of remedial timber treatments on bats. *Biol. Conserv.* 35, 205–214.
- ROER, H. (1980/81): Zur Bestandsentwicklung einiger Fledermäuse in Mitteleuropa. *Myotis* 18/19, 60–67.
- SCHMIDT, A. (1972): Zur Giftigkeit von Insektiziden für Fledermäuse. *Nyctalus* 4, 25–26.
- STEBBINGS, R. E. (1988): *The conservation of European bats*. London: Christopher Helm.

Anschrift der Verfasser: Dr. ALFRED NAGEL und JOCHEN DISSER, AK Stoffwechselfysiologie, Zoologisches Institut der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität, Siesmayerstraße 70, D-6000 Frankfurt/M. 11, FRG